

Met Carlsberg

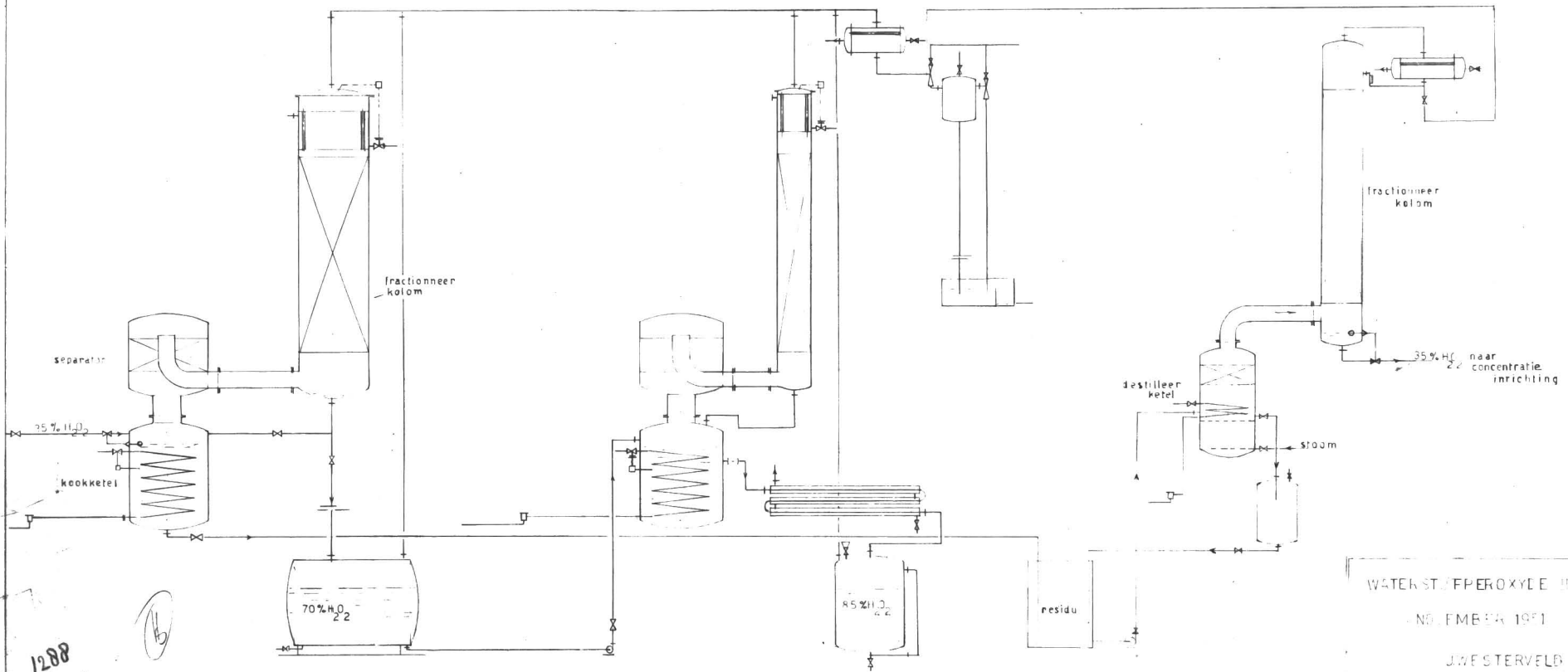
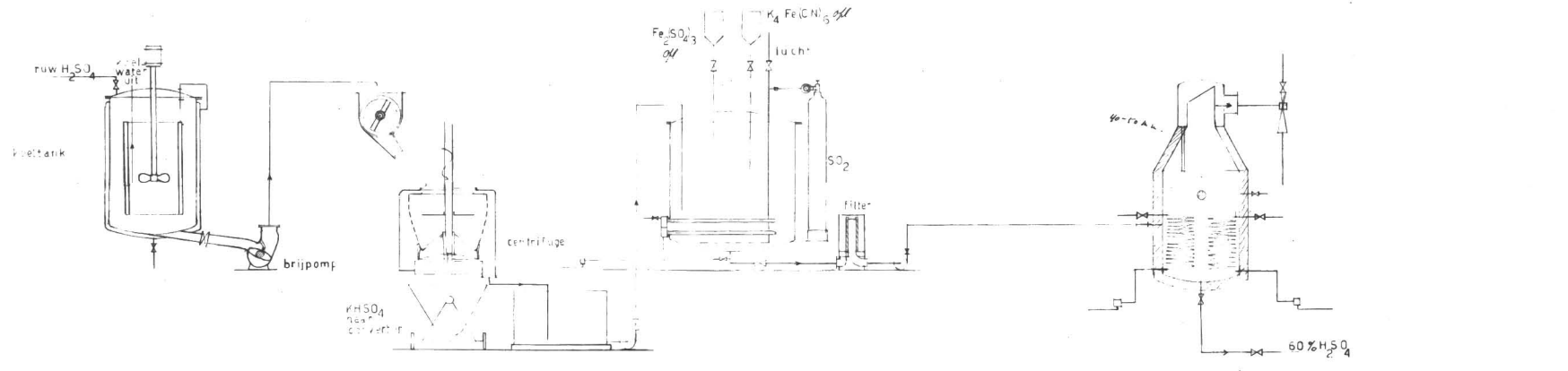
J. Westerveld.
Bereiding van waterstofperoxyde II.

I. Inleiding.

Van de bereiding van waterstofperoxyde op technische schaal komen de volgende processen in aanmerking.

1. De bereiding met behulp van Na-amalgam. Dit proces volgens Rich. Fray is het experimentele stadium.
2. De bereiding met behulp van BaO_2 . Bestaat er geen goed afzetgebied voor het bijproduct BaSO_4 , dan is dit proces economisch niet uitvoerbaar.
3. Directe synthese uit waterstof en zuurstof door donkere elektrische ontloadingen. Dit proces heeft de volgende nadelen:
 - a. Het vraagt zeer veel electriciteit, zo wth per kg 100%-ig H_2O_2 en dus een grote electriciteitscentrale.
 - b. Het vereist de bouw van zeer dure hoogfrequent generatoren (10.000 per seconden per sec.)
4. De bereiding met behulp van 2-acthylanthrahydrochinon. Over dit proces kan opgemerkt worden, dat
 - a. de auto-oxidatie op Rich. zelf gewaerlijke is.
 - b. het 20-25%-ig H_2O_2 organische stof bevat, hetgeen de concentratie tot 85% zeer gewaerlijke maakt.
 - c. het niet mogelijk geblijken is, het 25% H_2O_2 stabiel en residu vrij te maken.
5. Het ammonium persulfaat proces. Dit proces geeft goede resultaten, maar vraagt per kg H_2O_2 meer stoom, dan de beide volgende processen.
 - a. Het perdisavolaan proces. Dit proces verlangt een zeer intensieve zuurreiniging.
7. Het kalium persulfaat proces. Dit proces geeft goede resultaten en heeft niet de nadelen van de beide voorgaande persulfaat processen.

Handwritten note: Handing by M. de Vries



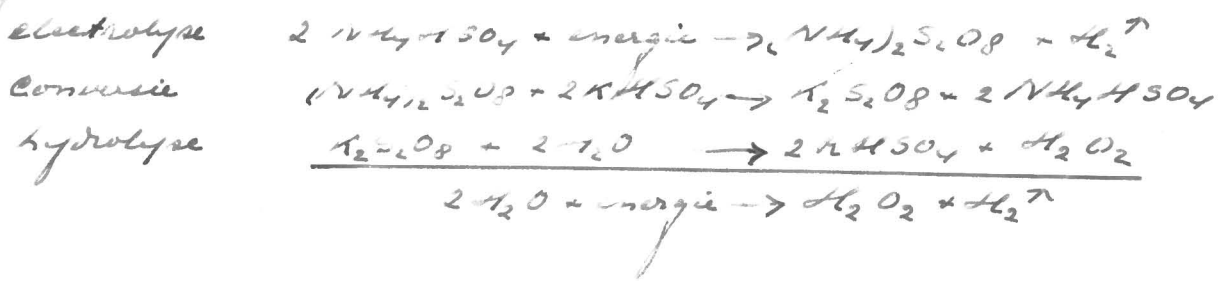
1288



WATERSTOFFPEROXYDE II
- NO. FMEER 1951
J.W.F. STERVELD

Op grond van bovenstaande overwegingen is dit proces gekozen voor de bereiding van 80-85% -ig H_2O_2 .

Het chemische van het natriumperulfaat proces is als volgt:



In de hierna volgende beschrijving van het geschikte deel van het fabrieksschema zullen besproken worden:

1. het reinigen en concentreren van het Zwavelzuur. Nadig bij de hydrolyse.
2. het concentreren van 35% -ig H_2O_2 tot 85% -ig H_2O_2 .

II Bespreking van het, schakel, gedeelte van het fabrieksschema.

1. Het reinigen en concentreren van het Zwavelzuur.

Bij de hydrolyse van $K_2S_2O_8$ wordt gebruik gemaakt van 60% -ig Zwavelzuur, dat na de hydrolyse afgevoerd, gereinigd en geconcentreerd wordt en weer gebruikt kan worden bij de ontleding van $K_2S_2O_8$.

De verwaking van het ruwe Zwavelzuur vindt plaats op de volgende wijze.

Het uit de hydrolyse ketels aflopende ruwe Zuur wordt in een koeltank gehouden tot $15^\circ C$, waarna het bij de hydrolyse ontstane en in het Zwavelzuur opgelost K_2SO_4 uitkristalliseert. Dit wordt afgecentrifugeerd, gewassen en wordt in het bedrijf ingevoerd, waar het nodig is voor de conversie.

Het ruwe Zwavelzuur bevat nog ca 2% actieve zuurstof, waarvan $\frac{3}{5}$ gedeelte als H_2O_2 en $\frac{2}{5}$ deel als H_2SO_5 en verder kleinere hoeveelheden ijzer, aluminium en platina. De actieve zuurstof wordt verwijderd met behulp van SO_2 bij $60-65^\circ C$;

Fe, Al en Pt worden meergestagen door achtereenvolgens aan het zuur toe te voegen ferrisulffaat en dan een uit een analyse bekende hoeveelheid calciumferrocyanide. Alle ijzer staat dan neer en tevens worden mee meergestagen de z.v. aanwezige zware metalen en platina. Het meergestag wordt verwijderd door filtreren en wordt verkocht ter verwerking op platina.

Het zo gewonnen zwavelzuur wordt ten slotte in een concentrator tot 60% geconcentreerd. Het bevat dan minder dan 5 mg Fe per liter.

Ter berekening van de grootte van de verschillende apparaten is het nodig na te gaan welke hoeveelheid zwavelzuur verwerkt moet worden, bij een productie van 150 ton 100%-ig H_2O_2 per maand.

Mit de hydrolyse ketels wordt per uur afgevoerd een hoeveelheid van 1560 kg 40%-ig H_2SO_4 , waarin opgelost aanwezig is 1680 kg $K_2H_2O_8$, in staat wordt dus afgevoerd 3240 kg $\frac{1}{2}$.
 Voor het nodige kristalliseren 1630 kg $K_2H_2O_8$, welke hoeveelheid wordt afgevoerd. Er blijft dus 50 kg $K_2H_2O_8$ in oplossing. Opheffing wordt met ca 50 liter water.

Er blijft dus over 1630 kg H_2SO_4 37.9% = 1250 l H_2SO_4 die te concenreerd hoeveelheid is menent 1250 l H_2SO_4 per uur. Daar wij de verwijdering van het ijzer vrijwel geen volume verandering opleedt.

Bij de concentratie moet terug gewonnen worden 60%-ig zwavelzuur. Er wordt verdampst 600 kg water. De opbrengst is dan 1060 kg 60%-ig H_2SO_4 = 700 l 100%-ig H_2SO_4

Wat betreft de hoeveelheid ijzer in het zuure zuur aanwezig, die bedraagt volgens de literatuur ca. 400 mg per liter.

Als wordt terug voegt ongeveer 200 mg ferrisulffaat per liter.

de benodigde hoeveelheid ferrocyanide is dan ongeveer 500 mg/liter

de apparaten voor de zuurreiniging bestaat achtereenvol-

volgens uit:

a. Koeltank

Hiervan zijn er 3 aanwezig met een inhoud van 2 m^3 elk. De koeltemperatuur wordt tot 15°C ; hiër dien einde zijn de tanks voorzien van een koel systeem. Tevens vindt wandkoeling plaats.

De tanks zijn voorzien van een mechanische roerder.

b. De centrifuge is een hangende centrifuge, met een capaciteit van ca. 1000 kg per uur.

c. Reactietanks met een inhoud van $5,5 \text{ m}^3$, waarvan er 3 parallel geschakeld zijn.

Een dergelijke tank wordt gevuld met 3 m^3 zwavelzuur, de te verwerken hoeveelheid voor 4 uur; tegewoeg wordt zinksulfaat, het zwuur wordt verwarmd tot $60-65^\circ\text{C}$ en de oplossing op actieve zuurstof gecontroleerd. Dan wordt SO_2 ingevoerd, en er wordt zo gewerkt, dat er een kleine overmaat SO_2 in de oplossing is. Deze verandering duurt ca. 45 minuten. Daarna wordt tegewoeg de berekende hoeveelheid N -peroxyanide en goed met lucht gevuld gedurende 1 uur. Daarna laat men 2 uur staan, waarna onderwerp wordt op zijn in cyanide.

d. Filter. Het materiaal wordt uit het zwuur verwijderd door filteren door een leloorite filter.

De aantasting van dit materiaal door zwavelzuur is gering. Het gewichtverlies bedraagt v. 1% per maand.

e. Concentrator. Het zwavelzuur wordt geconcentreerd in een concentrator van aardewerk bij een druk van 60 mm .

De verhitting vindt plaats bij het stoom van 2 atm. De verwarmingsoppervlakten zijn van roestvrij staal, samenstelling: $19-21 \text{ Cr}$, $10-12 \text{ Ni}$, $0,0 \text{ P}$, 2 Mn , 1 Si (max)

Het materiaal waarvan de romms van de centrifuge is gemaakt, heeft de volgende samenstelling: 19 Ni , $2,2-2,8 \text{ Cr}$, 4 Cu , $1,5 \text{ Co}$.

De bruije apparatuur is van een roestvrij staal, samenstelling: $19-21 \text{ Cr}$, $10-12 \text{ Ni}$, $0,0 \text{ P}$, 2 Mn , 1 Si (max).

2. De concentratie van 35% -ig H_2O_2 tot 85% -ig H_2O_2

Het ruwe H_2O_2 , dat via tijdelijke opslag tanks verkregen wordt uit dat gedeelte van de fabriek, waar de bereiding plaats vindt, is 35% H_2O_2 en is gestabiliseerd met 0,1 g 8-oxychinoline en 0,1-0,3 g liter Na-pyrophosphaat (per liter; het is 0,1 N zuur. $26FeO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, $KHSO_4$, H_2SO_4 zijn als verontreiniging aanwezig

De concentratie vindt plaats in twee trappen. Aan de eerste trap wordt 35% H_2O_2 geconcentreerd tot 70%, terwijl het tegelijkertijd leeryd wordt van de verontreinigingen. In de 2^e trap wordt het 70% H_2O_2 geconcentreerd tot 85%.

De concentratie in één trap van 35 tot 85% is moeilijk uitvoerbaar, daar dan het percentage verontreiniging de destillatie spoedig zeer gewaardijg maakt.

De hoeveelheid te verwerken H_2O_2 is 600 l 35% H_2O_2 per uur. De verliezen aan H_2O_2 bij de eerste concentratie trap bedragen minder dan 1%. Deze eerste trap geeft een opbrengst van 298 l 70% H_2O_2 per uur, daarmede 500 kg water (+ verontreinig H_2O).

De verandering van de 2^e concentratie eenheid is 298 l 70% H_2O_2 per uur. (Concentreert tot 85%, verlies 1%) geeft een opbrengst van 246 l 85% H_2O_2 per uur. Er verdampt hier 50 kg H_2O (+ 2 kg H_2O_2 verlies).

De verliezen zijn nu een gedeelte te wijten aan ontleding, maar een ander deel aan het feit, dat bij de destillatie H_2O_2 met de waterdamp wordt afgevoerd.

De concentratie "plant" heeft een capaciteit (aan 85% H_2O_2) van 144 ton 100% H_2O_2 per maand.

Concentratie tot 70% H_2O_2

De concentratie "unit" bestaat uit een cooketel, een separator en een fractioneer kolom. De capaciteit van deze

unit" is nu gekozen, wat ze de gehele productie 35% H₂O₂ kan verwerken. Het nu van de rookketel slechts 5 dagen in gebruik zijn, omdat naar het percentage verontreiniging te groot wordt. De concentrate eenheid moet buiten werking gesteld worden en de ketel schoongemaakt.

Er zijn dus twee draagtype eenheden nodig, waarvan er één in bedrijf is, terwijl de andere gereinigd of weer op gang gebracht wordt.

De rookketel heeft een inhoud van 100 l, het materiaal is aardewerk. De stookstof wordt verhit met behulp van stoom van 2 atm. De verwarmingspiraal is van roestvrij staal: de samenstelling hiervan is 17,5 Cr, 12,5 Ni, 4,7 Mo en maximaal 0,07 C.

De druk in de ketel is ca. 20 mm. De temperatuur van de stookstof mag niet hoger worden dan 62°C, gevaar voor ongelukken.

Vanuit de ketel komt de damp onderin een separator en wordt daar ontdaan van meegeïonereerde stoffen. Het is dus van de laatste stoffen verontreiniging. De separator is van aluminium; in het midden bevindt zich een laag porseleem. Het is ongeveer 25 mm lang. De separator zal functioneren als een zeer korte destillatie kolom werken. De stookstof loopt terug in de ketel.

Vanuit de separator wordt de damp geleid onderin een rectificatie kolom. Deze is van aardewerk en is een met 25 mm draadring gepakte kolom. Daar in de kolom bevindt zich een aluminium destillatiekolom.

De druk boven in de kolom is ca. 20 mm; deze druk wordt bereikt met een 2. trap "stoomspijter".

Onder uit de kolom wordt het H₂O₂ afgeleid en via een opslagtank naar de concentratie eenheid geleid.

Na deze concentratie unit op gang te brengen wordt de ketel gevuld met 100 l 35% H₂O₂, de destillatie begonnen, maar het

Konklus
Astronomie

bodemproduct van de kolom teruggewoerd naar de ketel, totdat
 een concentratie van 75% bereikt is, en het uit de kolom
 aflopen product de verlangde concentratie heeft. Dan
 wordt continue 35% H_2O_2 ingevoerd en 70% H_2O_2 onderuit
 de kolom afgevoerd.

Nu is laagwerken bevat het H_2O_2 in de ketel 72 maal
 de rest verontreiniging als het nu 35% H_2O_2 . De destillate
 wordt van gestopt en het residu, 1000 l 75% H_2O_2 afgevoerd,
 naar een aparte unit, waar het opgewerkt wordt tot 35% H_2O_2 .

De bewerking van het residu.

Het residu wordt bewerkt in een unit, bestaande uit een
 ketel en een fractioneer kolom. In de ketel wordt het H_2O_2
 met stoom verhit. De ketel bevat tevens een met stoom
 verwarmde verwarmingsspiraal. In het boven een gepreforeerde
 plaat bevindt. Directe stoom komt onder in de ketel binnend
 en verhit het, wat het residu tot de plaat gaat. Het residu
 gaat nu de ketel oprij verlaten en wordt nog een maal terug
 gevoerd.

Het met stoom geantitende H_2O_2 komt onder in een met
 15 mm diameter zijde - een fractioneer kolom. Als
 bodemproduct wordt 35% H_2O_2 afgevoerd. Dat een redelijke
 zuiverheid heeft, en het teruggewoerd wordt naar de
 concentratie inrichting.

De vulling van de ketel is 50 l per uur, de druk in de ketel 50 mm

De Concentratie van 70% H_2O_2 tot 35% H_2O_2 .

De concentratie inrichting van deze stap is identiek aan die
 van de rest. Het residu de verontreiniging vrij is van verontreinigingen
 en men nu continue werken. In de ketel bevat 35% H_2O_2 ,
 continue wordt 70% H_2O_2 ingevoerd (ca 100 l/h). Het aan
 de bodem van de kolom aflopen product wordt teruggewoerd
 naar de ketel. uit de ketel wordt continue 35% H_2O_2 afgetapt.
 De temperatuur in de ketel wordt gehandhaafd op 72°C, de druk

in 50 mm Hg. de druk van de top van de kolom is 30 mm
Het uit de ketel afkomende gas wordt geleid in
aluminium kanalen ingeslagen. Het wordt gestabiliseerd
met 25 mg P_2O_5 tot $1/1000$ per liter.

Après de l'élaboration
permanente

~~Quantités de
l'élément~~

Littérature.

✓ Chem. Eng. 55-2, 102 (1918)

C705 IX - 1

C705 XIX - 4

C705 XXIII - 18

C105 XXV - 41

C105 XXVII - 84

C105 XXXIII - 42

- 44

- 45

B105 294

B105 599

B105 680

B105 286

B105 1414

FIAT 70f

H. Timmerman en P. de Vries, "Natuur", Chemische Technologie I, 559-582

voor de berekening van de deshydratatiekolom:

Chem. Technol. 74, 57 (1918)

P. Hirschmann, Verfahren zur Gewinnung von...

Berekening van een rectificatie kolom.

Bekend wordt die kolom, die nodig is voor de concentratie van 70% i.g. H_2O tot 8% i.g. H_2O .

Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van de methode Ponchon-Savarit, die volgens een artikel van Dr. G. A. M. Diepen en Prof. Dr. G. Mijer in Chem. Weekblad 44, 57 (1948), in het algemeen goed toe te pas te brengen is.

Als vereenvoudigende aanname wordt aangenomen dat in de kolom geen terugstromen voorkomt.

De gemiddelde druk in de kolom wordt verondersteld 40 mm Hg te zijn.

Berekening van de rookfiguur bij 40 mm Hg

In het BIOS final report No 599 komt voor een diagram waarbij uitgaat zijn de gaspercentages H_2O in de dampfase en in de vloeistoffase bij 40 mm Hg.

Bij omrekening in mol % krijgen we de volgende gegevens:

Gas % H_2O in vloeistoffase	Gas % H_2O in dampfase	Mol % H_2O in vloeistoffase	Mol % H_2O in dampfase
100,0	100,0	100	100
90,0	70,0	82,0	55,3
85,0	75,5	67,9	30,2
70,0	26,5	55,2	16,0
50,0	1,5	77,5	9,1
50,0	1,5	37,0	3,2
40,0	0,0	26,1	1,3
30,0	0,0	18,5	0,5
25,0	0,0	11,7	0,3
0	0	0	0

Het is niet mogelijk om de kolom te berekenen.

In hetzelfde D.V.S. report No 599 komt voor een p-T diagram, waarin het verband tussen dampspanning en temperatuur voor verschillende mengrels $H_2O-H_2O_2$ gegeven wordt.

Hieruit volgt dus de kooktemperatuur van deze mengrels bij een druk van 40 mm. Gewonden worden de volgende kookpunten

Gew % H_2O_2	Kookpunt °C
0	31.5
20	34.5
70	39.5
80	46.5
70	52.0
80	57.0
90	61.0
100	73.0

~~Handwritten scribbles~~

Mit deze 2 series gegevens volgt nu de kookfiguur bij 40 mm.

Om het enthalpie diagram te kunnen construeren zijn de volgende gegevens nodige

Verdampingswarmte

van H_2O 10430 Cal/mol

van H_2O_2 11050 Cal/mol (Literatuurgegevens)

Spekifieke warmte van de stoffen:

van H_2O 17.98 Cal/mol

van H_2O_2 19.05 Cal/mol (Literatuurgegevens)

Spekifieke warmte van de dampen

van H_2O $C_p = 0.91 - 0.0019T$ $C_p = 7.25$ ($t = 50^\circ C$)

van H_2O_2 $C_p = 7.5 + 0.0042T$ $C_p = 0.86$
(Literatuurgegevens)

Mengwarmtes

Deze worden gevonden in C.I.C. report ~~XXXX~~ - 42. De gegevens zijn echter zeer onnauwkeurig.

Mol % H_2O_2	Mengwarmte in cal.
10	90
20	170
30	230
40	275
50	290
60	280
70	245
80	185
90	105

Mit deze gegevens is nu het gewaagde enthalpie diagram te construeren.

Voor de dampstak geldt:

$$W_g = (1-x_g) [W_a + 1c_g (t_g - t_a)] + x_g [W_c + 2c_g (t_g - t_c)]$$

hierin is W_a = mol. enthalpie van component 2 in dampvorm bij de temperatuur t_a

W_c = id. van component 2 bij t_c

x_g = mol. fractie van component 2 in het mengsel.

t_g = temp. van het dampmengsel

$1c_g$ en $2c_g$ = s.w. van de dampen van component 1 resp. 2.

W_g = de mol. enthalpie van het dampmengsel bij t_g

Voor de vloeistofstak vindt men

$$W_l = (1-x_l) [W_b + 1c_l (t_l - t_b)] + x_l [W_d + 2c_l (t_l - t_d) + q_r]$$

hierin is:

W_b = mol. enthalpie van component 1 in vloeistofvorm bij de rooktemperatuur t_b

en.

q_r = mengwarmte in cal/mol.

2 x 3^{te} macht

Stellen we $W_b = 0$ en $W_a = 0$ en maken uit de gegeven gegevens in, dan vinden we, als Component 1 H_2O is en 2 H_2O_2 voor de damplijn

x_g	t_g	W_g
0.1	48	10550
0.2	53	10620
0.3	56.5	10650
0.4	60	10740
0.5	63	10775
0.6	65.5	10800
0.7	68	10905
0.8	70	10955
0.9	71.5	11005
1	73	11050

voor de vloeistoflijn:

x_L	t_L	q	W_L
0.1	84	90	60
0.2	87	170	110
0.3	90.5	230	150
0.4	94.5	275	190
0.5	98.5	290	200
0.6	103	280	200
0.7	108	245	180
0.8	112	195	140
0.9	118	105	80
1	123	0	0

In het bijgevoegde diagram zijn deze waarden uitgezet en worden vloeistof en damp lijn getekend.

Voor de constructie van de in de kolom aanwezige dampen en vloeistoffen zijn de volgende gegevens noodzakelijk:

1. de vloeistof. Deze is in de te berekenen kolom 43 mol % H_2O_2 .
 Immers in de vookende vloeistof zien 85 gew % $H_2O_2 = 87.5$ mol %
 als de damp hiermee in evenwicht is 43 mol % H_2O_2 .

2. Het top product. Dit moet zo weinig mogelijk H_2O_2 bevatten, stel 0,5 mol % H_2O_2 .

3. de refluxverhouding

Wordt de bodem $P_{0.75}$ vloeistof - 0.43 damp doorgevoerd tot de de rechte zijde. Dit aangest de samenstelling van het distillaat (0.5 to 0.43) dan vinden we de minimum reflux warmte. Deze is $24200 - 10400 = 14200$ cal/mol

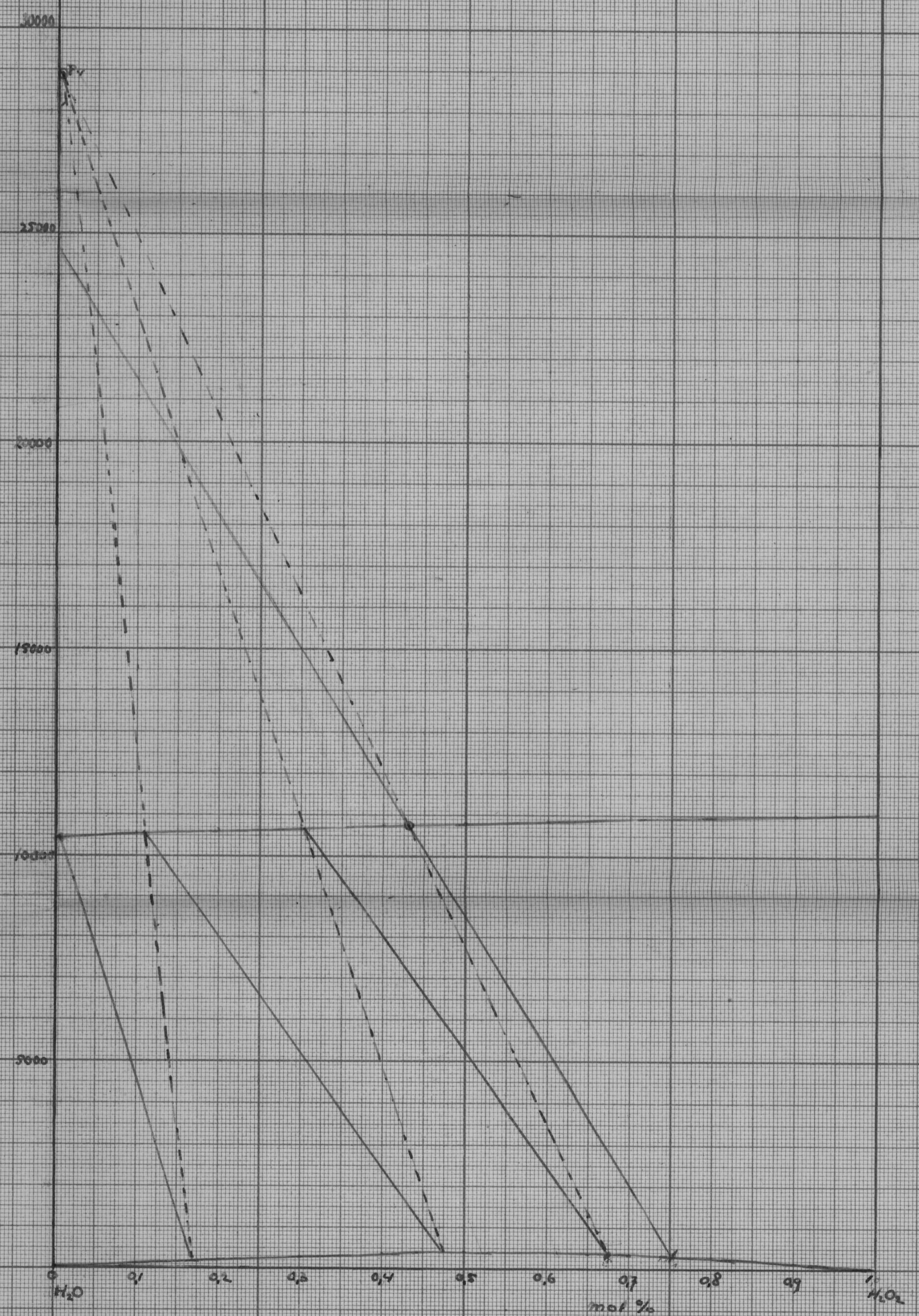
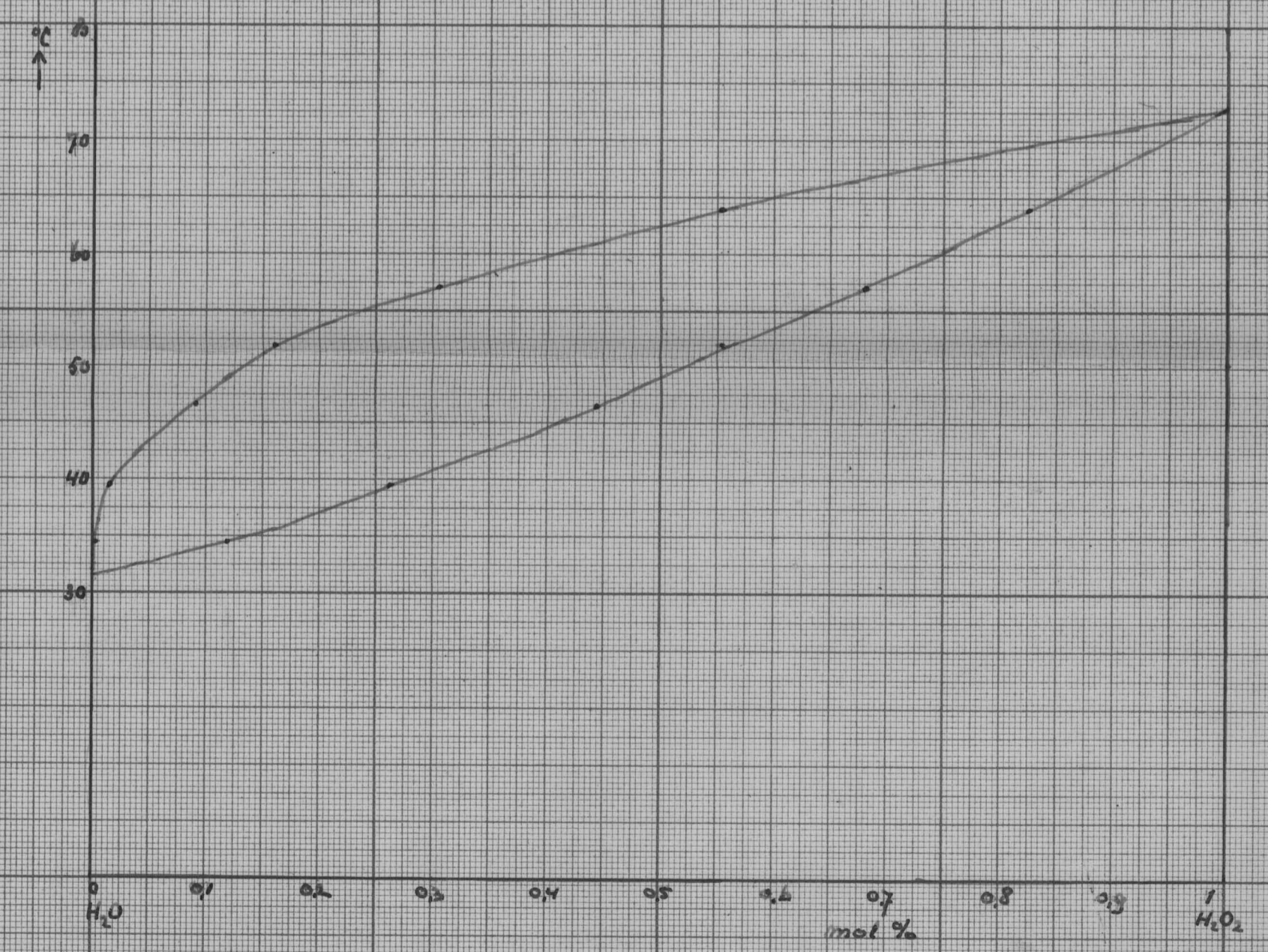
de min. reflux verhouding is dus $\frac{14200}{10400} = 1.37$

angenomen wordt. dat de werkelijke reflux verhouding = $1.3 \times$ de min. reflux verhouding = 1.8

de werkelijke reflux warmte = $1.8 \times 10400 = 18500$ cal/mol

de heat Q_r is $18500 + 10400 = 28900$

(Com. Bodem) $P_{0.75}$ vloeistof
 reflux verhouding



De constructie van de in de kolom voorkomende vloeistoffen kan nu geschiedt, zoals in het diagram is aangegeven. Hieruit volgt, dat het aantal theoretische traptels 3 bedraagt. Daar de kolom in het berekende geval gevuld is met draaiend ringen, moet bepaald worden de H.E.T.P. Dit gaat via de berekening van de minimale diameter van de kolom.

De snelheid van de damp in de kolom kan berekend worden n.v.w. de volgende formule $u = K_D \sqrt{\frac{f_1 - f_2}{f_2}}$

waarin u = snelheid van de damp in ft/sec

f_1 = dichtheid van de vloeistof

f_2 = dichtheid van de damp

K_D = Constante, afhankelijk van de plaatafstand en van de hoogte van het vloeistofstort

de druk is 40 mm Hg

Reyn. met gewicht = 30

De temperatuur = $50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F}$

$$f_2 = \frac{30}{359} \cdot \frac{40}{760} \cdot \frac{492}{582} = 0,0037$$

$$f_1 = 1,2 \times 62,7 = 75,2$$

$K_D = 0,17$ bij plaatafstand van $18''$
vloeistofstort van $1''$

$$u = 0,17 \sqrt{\frac{75,2 - 0,0037}{0,0037}} = 20 \text{ ft/sec}$$

$$\text{ademant wordt } 28 \times 50 \text{ kg } 40/4 = \frac{140}{3600} \times 2,2 \text{ lb/sec.}$$

$$= 0,085 \text{ lb/sec}$$

Specifiek rot = $333,6 \text{ cu ft/sec}$

$$\text{rot. damp} = 333,6 \times 0,085 = 28,5 \text{ cu ft/sec}$$

Het min opp van de kolom is:

$$\frac{28,5}{0,5} = 57 \text{ sq ft}$$

$$\text{de min. diameter} = 1,9 \text{ ft} = 400 \text{ mm}$$

Mit een diagram volgt nu de H.E.T.P. Deze is, bij gebruik van $1''$ draaiend ringen: 13,5 inches

$$\text{de theoretische lengte van de kolom is dus: } 4 \times 13,5 = 54'' =$$

= 1850 mm

wordt aangenomen een "plate efficiency" van 0,6, dan volgt hieruit voor de werkelijke lengte van de kolom

$$\frac{1850}{0,6} = 2250 \text{ mm}$$

Warmtebalans

In de distillatiemater wordt opgewaard 18000 cal/mol.

Per uur wordt verdampt 52 kg H_2O = 2900 g/mol H_2O

Opgewaard wordt dus $18000 \times 2900 = 53800 \text{ kcal/h}$.

In de kookketel moet daarom toegevoerd worden:

1. 53800 kcal/h

2. Om 298 kg 70% H_2O op kooktemperatuur te brengen de verevane hoeveelheid.

Aangenomen wordt, dat 70% H_2O binnen komt met een temp. van $40^\circ C$. De benodigde hoeveelheid warmte is dan:

$$298 \times 1,82 \times 0,8 \times (60 - 40) = 4900 \text{ kcal/h}$$

De totale hoeveelheid toe te voeren warmte:

$$53800 + 4900 = 58700 \text{ kcal/h}$$

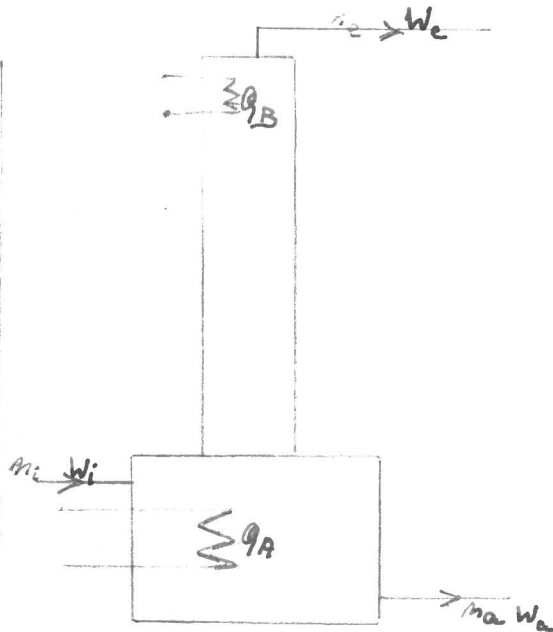
De verdampingswarmte van H_2O in de ketel is 10900 cal/mol

Per uur verdampt: $\frac{58700}{10900} \times 1000 = 4900 \text{ mol}$.

$$= 4900 \times 30 = 148 \text{ kg}$$

Mit de kolom loopt terug naar de ketel $148 - 52 = 96 \text{ kg/h}$.

Verdampen



m_i , m_a en m_e zijn aantallen g/mol seconden van resp. voeding, bodem- en topproduct
 W_i , W_a en W_e zijn de respectieve enthalpieën per g/mol. Hiervan
 Q_A = warmte toever in de ketel
 Q_B = warmte afvoer in de afblowmachines
 Dit alles per uur.

De warmte balans wordt gegeven door:

$$Q_A + m_i W_i = Q_B + m_e W_e + m_a W_a$$

verder is $m_i = m_a + m_e$

$$m_i = 298 \text{ l/hr} = 10900 \text{ g/mol/hr}$$

$$m_e = 2900 \text{ g/mol/hr}$$

$$m_a = 8000 \text{ g/mol/hr}$$

$$W_a = 300 \text{ cal/mol} ; \text{ zie volgt uit het } W-x \text{ diagram}$$

$$W_e = 10400 \text{ cal/mol} ; \text{ gegeven uit het } W-x \text{ diagram}$$

$$W_i = (1-x_e) [W_b + c_e (t_e - t_b)] + x_e [i_a + 2c_f (t_e - t_a)] + q$$

$$Q_B = 18500 \text{ cal/mol} = 18500 \times 2900 = 53800 \text{ kcal/hr}$$

van de invoer gekent:

$$x_e = 0,55$$

$$W_b = 0$$

$$c_e = 17,98$$

$$t_e = 40^\circ\text{C} : \text{ temp van de } W \text{ cooling}$$

$$t_b = -1,5^\circ$$

$$W_a = 0$$

$$2c_f = 19,65$$

$$t_a = 73,0$$

$$q = 290$$

$$W_i = 0,45 \times 17,98 \times 8,5 - 0,55 \times 19,65 \times 33,0 + 290 = 2,1 \text{ cal/mol}$$

$$Q_A = Q_B + m_e W_e + m_a W_a - m_i W_i$$

$$Q_A = 53800 + 2900 \times 10,4 + 8000 \times 0,300 - 10900 \times 0,0021 = 86337 \text{ kcal/hr}$$